



## ⑫ 公開特許公報(A)

昭63-171857

⑮ Int.Cl.<sup>4</sup>

識別記号

庁内整理番号

⑬ 公開 昭和63年(1988)7月15日

C 22 C 38/50  
B 22 D 11/00  
C 22 C 33/00  
38/00

3 0 2

B-6735-4E  
8417-4K  
Z-7147-4K

審査請求 未請求 発明の数 1 (全5頁)

⑭ 発明の名称 疲労特性に優れたマルテンサイト系析出硬化型ステンレス鋼の製造方法

⑯ 特 願 昭62-2606

⑰ 出 願 昭62(1987)1月10日

⑱ 発 明 者 津 田 正 臣 神奈川県川崎市川崎区小島町4番2号 日本冶金工業株式会社技術研究所内  
⑱ 発 明 者 池 上 雄 二 神奈川県川崎市川崎区小島町4番2号 日本冶金工業株式会社技術研究所内  
⑱ 発 明 者 佐 藤 昌 男 神奈川県川崎市川崎区小島町4番2号 日本冶金工業株式会社技術研究所内  
⑲ 出 願 人 日本冶金工業株式会社 東京都中央区京橋1丁目15番1号  
⑳ 代 理 人 弁理士 杉村 暁秀 外1名

## 明 細 書

1. 発明の名称 疲労特性に優れたマルテンサイト系析出硬化型ステンレス鋼の製造方法

## 2. 特許請求の範囲

1. C: 0.1 wt%以下, Si: 2 wt%以下, Mn: 1 wt%以下, Cr: 10~20 wt%, Ni: 3~10 wt%を含有し、かつ析出硬化元素としてのMo: 0.1~3 wt%, Ti: 0.1~3 wt% Nb: 0.1~1 wt%およびCu: 0.5~5 wt%を少なくとも一種含有し、残部がFeおよび不可避免的不純物よりなり、下記のMs点が80~200℃の鋼を、中心偏析が生じるような鑄造を経ることを特徴とする疲労特性に優れたマルテンサイト系析出硬化型ステンレス鋼の製造方法。

## 記

$M_s(^\circ\text{C}) = 1229.9 - 1666.7(C+N) - 27.8Si - 33.3Mn - 41.7Cr - 61.1Ni - 44.3Mo + 59.2Ti + 140.8Nb - 30.6Cu$

## 3. 発明の詳細な説明

(産業上の利用分野)

本発明は、連続鑄造材の如きの急冷材から得られる疲労特性に優れたマルテンサイト系析出硬化型ステンレス鋼の製造方法に関するもので、原子力材料や海洋材料の他化学装置材料の分野で好適に用いられる鋼の製造方法についての提案である。

この種のマルテンサイト系析出硬化型ステンレス鋼は、オーステナイトには固溶するが、マルテンサイトにはほとんど溶解度を有しない金属をオーステナイト→マルテンサイト変態後に、マルテンサイト地より析出させたもので、マルテンサイト変態と析出硬化を組合わせ利用したところに特徴を有するものである。

(従来の技術)

上記マルテンサイト系析出硬化型ステンレス鋼の耐疲労強度を向上させる方法として、従来例えば、金属表面技術便覧(昭和51年)第1204頁などに見られるようなショットピーニングによる方法が知られている。要するに、ショットピーニング

によって表面層に圧縮残留応力を生じさせる方法である。一般に、金属が疲労破壊するケースは、引張り応力によるものが多く、特に引張り残留応力は材料の強さを低下させるが、逆に圧縮残留応力はそれを軽減させる作用をする。すなわち、ショットピーニングは、加工物の表面に無数の小球を衝突させて伸ばす加工なので、加工物の表面には圧縮残留応力が発生し、所謂疲労強度が改善されるのである。

(発明が解決しようとする問題点)

素材表面に圧縮残留応力を付与すれば、疲労特性は改善されるものの上記従来技術の場合、ショットピーニングという表面処理工程が不可欠で、そのために製造の効率・コストの面で不利があった。

本発明の目的は、上述したショットピーニングという表面処理工程に頼るまでもなく、従来の一般的な製造工程の中で自然に付与し得る有利な技術を提案するところにある。

テンサイト系析出硬化型ステンレス鋼の製造方法、を要旨構成とする技術に想到した。

(作 用)

本発明の着想の基礎とするところは、所要成分組成の析出硬化型ステンレス鋼について、その $M_s$ 点が $80 \sim 200^\circ\text{C}$ となるように合金設計し、かつ連続鍛造のよに急冷に伴って最終凝固域の厚み中心部に特定成分(Ni, Cr, Mo etc)が濃化した正偏析を生じさせた場合に、ショットピーニングが不要となるというところにある。

要するに、上記成分組成の鋼を連続鍛造することにより、連鍛スラブ中心部に、Ni, Cr等の主要合金元素およびCu, Ti等の析出硬化元素の富化した部分を偏析として残すことができ、その結果、中心部の $M_s$ 点は、表層部より低くなって室温以下において表層部がマルテンサイト変態しても、中心部の方はオーステナイトとして残留する。従って、中心部と表層部とでは組織に差が生じ、表層部に圧縮残留応力を付与することができるのである。

(問題点を解決するための手段)

本発明者らは、上記の目的を実現するために開発・研究を重ねた結果、化学成分に基いて決定されるマルテンサイト変態点(以下これを「 $M_s$ 点」と略記する)を特定の範囲とし、凝固偏析、特に析出硬化元素などが濃化した中心偏析を生じさせるような鍛造を施せば、最終製品の表面層に圧縮残留応力を付与でき、その結果として疲労特性が改善されることを突き止めた。すなわち、本発明は、

C: 0.1 wt%以下, Si: 2 wt%以下, Mn: 1 wt%以下, Cr: 10~20 wt%, Ni: 3~10 wt%を含有し、かつ析出硬化元素としてのMo: 0.1~3 wt%, Ti: 0.1~3 wt%, Nb: 0.1~1 wt%およびCu: 0.5~5 wt%を少なくとも一種含有し、残部がFeおよび不可避的不純物よりなり、下記の $M_s$ 点:  
 $M_s(^{\circ}\text{C}) = 1229.9 - 1666.7(\text{C} + \text{N}) - 27.8\text{Si} - 33.3\text{Mn} - 41.7\text{Cr} - 61.1\text{Ni} - 44.3\text{Mo} + 59.2\text{Ti} + 140.8\text{Nb} - 30.6\text{Cu}$   
 が $80 \sim 200^\circ\text{C}$ の鋼を、中心偏析が生じるような鍛造を経ることを特徴とする疲労特性に優れたマル

そこで、本発明者らは、まず、化学成分と $M_s$ 点との関係を詳細に調べた。以下その結果を説明する。

各種成分組成の溶製材(5 kg)を、鍛造-圧延し、 $1050^\circ\text{C}$ に加熱して熱処理し、その後熱膨脹試験機により $M_s$ 点を測定した。その後、C, Si, Mn, Cr, Niの各係数については「Richerman」の式と同等とし、Mo, Ti, NbおよびCuの各係数については多重回帰によって求めた。得られた下記の式と実測値とは $\pm 10^\circ\text{C}$ の範囲にあり、極めて相関が高いものであった。

$M_s(^{\circ}\text{C}) = 1229.9 - 1666.7(\text{C} + \text{N}) - 27.8\text{Si} - 33.3\text{Mn} - 41.7\text{Cr} - 61.1\text{Ni} - 44.3\text{Mo} + 59.2\text{Ti} + 140.8\text{Nb} - 30.6\text{Cu}$

次に、上記 $M_s$ 点と連続鍛造工程を施した製品の組織との関係を調べた。その結果、計算された $M_s$ 点が $80^\circ\text{C}$ 以下の場合、中心部は合金元素富化層によるオーステナイト組織を示すが表面近傍もオーステナイト・マルテンサイト混合組織を示していた。また、計算された $M_s$ 点が $200^\circ\text{C}$ 以上の場合、中心部まですべてマルテンサイト組織であった。

一方、Ms点が80~200℃のものは中心部のみにオーステナイト組織が見られた。こうしたことからMs点によって組織の決定できることが確められた。

さらに、上記3つのケースについて曲げ疲労試験を実施したところ、中心部にのみオーステナイト組織を有する鋼が最も高い疲労強度を示すこともわかった。これは次のように理解される。すなわち、凝固過程において、通常凝固偏析が生ずる。角型鋼塊の場合、プレス工程を経るため、この偏析はかなり軽減され内部は均質化している。ところが、スラブ型鋼塊および連続鋳造のような急冷スラブの場合、中心部に生じた合金元素等富化層による凝固偏析が最終製品まで消滅することなくそのまま残る。しかも、表層部及び中心部のNi、Cr等の合金元素の富化した部分のMs点が室温以上であれば、表層部から中心部まですべてマルテンサイトとなるのに対し、表層部のMs点が室温以上で中心部のMs点が室温以下となる場合には、表層と中心部とではそれぞれマルテンサイトとオーステナイトとなり、いわゆる組織差を生ずることと

なる。

その結果、表層部はマルテンサイト変態によって体積膨脹が起るため、残留オーステナイトのままである中心部との間では歪が導入され、表面層に圧縮残留応力が生成し、その結果として疲労強度が向上することになる。

次に、本発明析出硬化型ステンレス鋼製造用素材について、その成分を限定する理由について述べる。

C：強度を確保するために必要な元素であり、0.1 wt%（以下は単に「%」で略記する）を超えると鋼板が硬質化するから、上限を0.1%とした。

Si：Cと同様に強度の確保と共に脱酸剤として有効であるが、2%を超えると靱性が劣化するから、上限を2%とした。

Mn：強度および靱性の向上に有効であるが、1%を超えると鋼板の機械的性質が劣化するから、上限を1%とした。

Cr：マルテンサイト系析出硬化型ステンレス鋼と

しての主要元素であり、必要な耐食性を得るために10%以上の含有が不可欠であり、一方20%以上含有する場合、δフェライト量を急増させ熱間加工性を劣化させるので、10~20%に限定した。

Ni：δフェライト相の生成を抑制する元素であり、Cr量によってある程度左右されるが、あまり低くすると本発明法で限られる鋼の特徴である析出硬化現象を低下させるため、最低3%とした。一方高すぎると残留オーステナイト相が生成しやすくなるので10%を上限とした。

N：Nは強度を向上させるが0.2%を超えると鋼板が硬質化するから、0.2%以下とした。Mo、Ti、Nb、およびCuは、析出硬化のための元素であり、単独あるいは複合して用いられるが、いずれも限定量以下ではその効果が少なくそれ以上では脆化あるいは熱間加工性の低下を伴うので、Mo：0.1~3%、Ti：0.1~3%、Nb：0.1~1%、Cu：0.5~5%とした。

(実施例)

第1表に示す成分組成からなるマルテンサイト系析出硬化型ステンレス鋼を、18トン溶解し、連続鋳造にて鋳込んだスラブと普通造塊後プレスを行ったスラブとについて、同じように熱間圧延-熱処理-冷間圧延を経て、最終1mmの帯を製造し、その後1050℃での溶体化処理後480℃×1hr A.Cの析出硬化処理を施こして供試材1~12とした。この供試材についてMs点の計算、組織観察による中心部の残留オーステナイトの有無及び曲げ疲労試験を行った。

曲げ疲労試験としては西原式両振り板曲げ疲労試験機を用いた。その結果を第2表に示す。この第2表より明らかなように、計算されたMs点が80~200℃のものは、普通造塊-プレス工程を経たものに比較すると連続鋳造工程を経たものの方が疲労強度が優れている。第1図に本発明材と比較材の各ミクロ組織の写真を示すが、本発明方法によって得られた鋼の中心部に残留オーステナイト（白い層状のもの）が確認された。

また、本発明方法による鋼が示している疲労強

度のレベルは、Fe系材料で得られる最高水準のものであるにもかかわらず比較的合金元素添加量が少なくかつ単純な製造工程で製造できる。

第 1 表

No.		C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	Cu	Nb	Ti	N	製造方法
1	本発明鋼	0.038	0.40	0.70	0.026	0.003	4.51	14.43	—	3.06	0.23	—	0.021	連続鍛造
2		0.034	0.42	0.76	0.024	0.004	4.21	15.60	—	3.06	—	—	0.009	"
3		0.034	0.85	0.51	0.024	0.004	5.20	14.10	0.18	2.82	0.22	0.39	0.010	"
4		0.035	1.63	0.33	0.029	0.003	7.29	14.72	—	0.74	—	1.02	0.005	"
5		0.036	0.42	0.50	0.030	0.002	4.77	12.60	1.90	3.02	0.24	—	0.006	"
6		0.036	0.23	0.22	0.025	0.002	8.66	11.78	—	2.26	0.30	1.28	0.003	"
7		0.033	0.89	0.65	0.022	0.005	4.78	15.44	1.55	—	—	—	0.009	"
* 8	比較鋼	0.034	0.42	0.76	0.024	0.004	4.21	15.60	—	3.06	—	—	0.009	普通鍛塊+プレス
* 9		0.034	0.85	0.51	0.024	0.004	5.20	14.10	0.18	2.82	0.22	0.39	0.010	"
* 10		0.035	1.63	0.33	0.029	0.003	7.29	14.72	—	0.74	—	1.02	0.005	"
11		0.021	0.35	0.21	0.028	0.003	4.10	15.01	—	3.10	0.35	—	0.007	連続鍛造
12		0.057	0.49	0.40	0.028	0.003	4.66	17.10	1.00	3.40	0.37	0.21	0.011	"

\* 8～10は発明鋼2～4と同じ成分

第 2 表

		計算 $M_n$ (℃)	* 残留オーステナイトの有無	疲労強度 ( $\text{kg}/\text{mm}^2$ )
1	本発明鋼	159	有	62.4
2		120	"	66.8
3		170	"	61.4
4		85	"	60.1
5		172	"	67.4
6		180	"	69.3
7		109	"	62.3
8	比較鋼	120	無	54.3
9		170	"	55.7
10		85	"	55.2
11		245	"	56.1
12		8	"	49.2

\* 中心部のマイクロ観察で判別可能な残留オーステナイトを指す

(発明の効果)

以上説明したように、本発明に係るマルテンサイト系析出硬化型ステンレス鋼の製造方法によれば、特別の処理（ショットピーニング）を施すことなく、表面層に圧縮残留応力を生じさせることができるので、この種の鋼種について簡単にかつ安価に疲労強度を向上させることができる。

4. 図面の簡単な説明

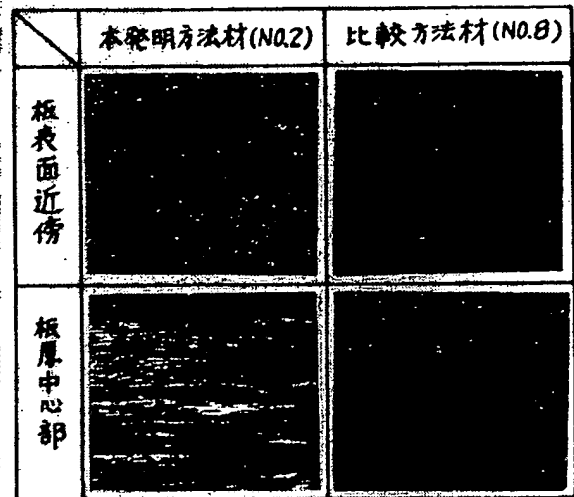
第1図は、本発明方法と比較方法によって得られた各マルテンサイト系析出硬化型ステンレス鋼についての表層部と中心部における金属組織写真である。

特 許 出 願 人      日 本 冶 金 工 業 株 式 会 社

代 理 人 弁 理 士    杉      村      曉      秀

同      弁 理 士    杉      村      興      作

第 1 図



(x55)